

PENGUNAAN *FIBER* KELAPA SAWIT SEBAGAI PENGANTI SERAT SINTETIS PADA PEMBUATAN KOMPOSIT *FIBERGLASS*

Haris Marturia Sembiring¹, Mohammad Prasanto Bimantio², Reni Astuti Widyowanti²

¹Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian INSTIPER

²Dosen Fakultas Teknologi Pertanian INSTIPER

*)Correspondence email: haris.smilala@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu limbah terbesar yang dihasilkan pabrik kelapa sawit dan pemakaian yang masih terbatas bahan bakar adalah *fiber* kelapa sawit. limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan komposit *fiberglass*. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi *fiber* kelapa sawit dan katalis terhadap kualitas komposit, dan menganalisis komposisi yang dapat menghasilkan kualitas yang paling bagus. Penelitian ini menggunakan rancangan blok lengkap (RBL) dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu pemakaian katalis MEPOXE meliputi A1 : 0,5%, A2 : 0,75%, A3 : 1% dan faktor kedua yaitu penambahan *fiber* kelapa sawit meliputi B1 : 7,5%, B2: 10%, B3 : 12,5%. Hasil terbaik terdapat pada komposisi A3B2 (katalis 1% dan *fiber* kelapa sawit 10%) dengan ketebalan 4,61 mm, nilai kedap air sebesar 0,0019 gram, nilai porositas sebesar 2,51 % yang sudah masuk dalam SNI dan pengujian *bending* maksimal (fM) sebesar 7,07 Mpa/mm dan *bending break* (fB) sebesar 6,62 Mpa/mm sehingga membuat sampel tersebut memiliki kelenturan lebih baik diantara sampel lain tetapi, dibandingkan dengan *control* masih tergolong lemah karena hasil dari *bending* fM 18,89 Mpa/mm *bending* fB 9,94 Mpa/mm. Hasil terbaik untuk sampel dengan kekuatan yang terkuat didapatkan adalah pada komposisi A3B3 (katalis 1% dan *fiber* kelapa sawit 10%) dengan ketebalan 5,37 mm, nilai kedap air sebesar 0,0027 gram, nilai porositas sebesar 2,79 %, dan kekuatan *force* sebesar 208,7929 N.

Kata kunci: *fiber* kelapa sawit; katalis; komposit *fiberglass*; uji *bending*

PENDAHULUAN

Komposit adalah gabungan antara dua atau lebih material untuk membentuk material baru yang lebih bermutu (Jones, 1999). Syarat pembuatan komposit adalah bahan penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat (*matrix*). Bahan dasar membuat komposit *fiberglass* adalah *fiberglass* sebagai penguat dan resin sebagai pengikat. Kombinasi antara *fiberglass* yang sangat kuat dengan resin sebagai pengikatnya menghasilkan komposit *fiberglass* yang sangat kuat dan keras. Sifat resin yang tahan terhadap air dan bahan kimia sangat cocok diaplikasikan pada bahan yang korosif atau basah. Selain resin dan *fiberglass*, salah satu bahan yang juga digunakan adalah katalis yang mana untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin.

Jenis limbah kelapa sawit terdiri dari limbah padat dan limbah cair dan limbah padat. Diketahui 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, lumpur sawit (*wet decanter solid*) 4 % atau 40 kg, *fiber* 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50%. *Fiber* kelapa sawit merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. *Fiber* kelapa sawit merupakan salah satu bentuk limbah yang dihasilkan dari

hasil pengolahan industri minyak sawit (Wirman, 2016) yang pemanfaatannya digunakan sebagai bahan bakar *boiler*. Pada sebagian pabrik kelapa sawit (PKS), apabila *fiber* sudah memenuhi kebutuhan pembakaran untuk *boiler* maka *fiber* hanya ditimbun sehingga menimbulkan bau dan kotoran yang merusak lingkungan. *Fiber* kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat komponen utama selulosa 59,6%, lignin 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, abu 5,6% dan impurities 8% (Koba dan Ishizaki, 1990).

Berdasarkan uraian di atas maka *fiber* kelapa sawit yang merupakan serat alami, yang belum dimanfaatkan secara optimal, mempunyai potensi dipakai sebagai bahan pembuat komposit *fiberglass* untuk menggantikan serat sintetis. Keunggulan penggunaan serat alami dibandingkan menggunakan serat sintetis yaitu harganya murah, densitas rendah, mudah terurai (*biodegradable*), bahan terbarukan, dan tidak berbahaya bagi kesehatan sehingga dapat meningkatkan eksplorasi serat alam baru dan penggunaan serat tanaman pada sektor industri (Suryanto dkk., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *fiber* kelapa sawit dan katalis terhadap komposit *fiberglass* dan menganalisis komposisi *fiber* kelapa sawit dan katalis yang dapat menghasilkan komposit *fiberglass* dengan kualitas yang paling bagus.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Pilot Plan, Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan yaitu dari bulan Juni sampai dengan bulan Agustus 2022.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam pembuatan *fiberglass* adalah cetakan *silicon*, mangkuk, pengaduk, pipet tetes, penggaris, neraca analitik, gergaji besi, ampelas dan gunting. Alat yang digunakan untuk analisis adalah jangka sorong, oven dan mesin uji *bending*. Bahan yang digunakan adalah resin (*Polyester Orthophthalic Type 3315*), katalis (MEPOXE atau *Methyl Ethyl Ketone Peroxide*), *vaseline*, serat sintetis/*matt* yang didapat dari toko kimia dan serat kelapa sawit yang didapat dari hasil mesin press di PT Sawit Jaya Abadi 2 berlokasi di Kabupaten Poso, Provinsi Sulawesi Tengah. Bahan yang digunakan untuk analisis adalah air dan kapas.

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Blok lengkap (RBL) dengan Dua Faktor, yaitu:

1. Faktor pertama merupakan variasi penambahan katalis (MEPOXE) (% dari berat resin) dan terdiri dari atas tiga taraf.
A1 : 0,5%
A2 : 0,75%
A3 : 1%
 2. Faktor kedua adalah penggunaan *fiber* kelapa sawit (% dari berat resin) dan terdiri dari atas tiga taraf.
B1 = 7,5%
B2 = 10%
B3 = 12,5%
-

Faktor A dan B masing-masing terdiri dari 2 dan 3 taraf dengan 2 kali ulangan, sehingga diperoleh $3 \times 3 \times 2 = 18$ satuan eksperimental. kontrol yang dipakai komposisi asli dari komposit *fiberglass* 200 gr resin : 1 gr katalis : 30 gr serat sintetis.

Prosedur Penelitian penggunaan *fiber* kelapa sawit sebagai pengganti serat pada pembuatan komposit *fiberglass*

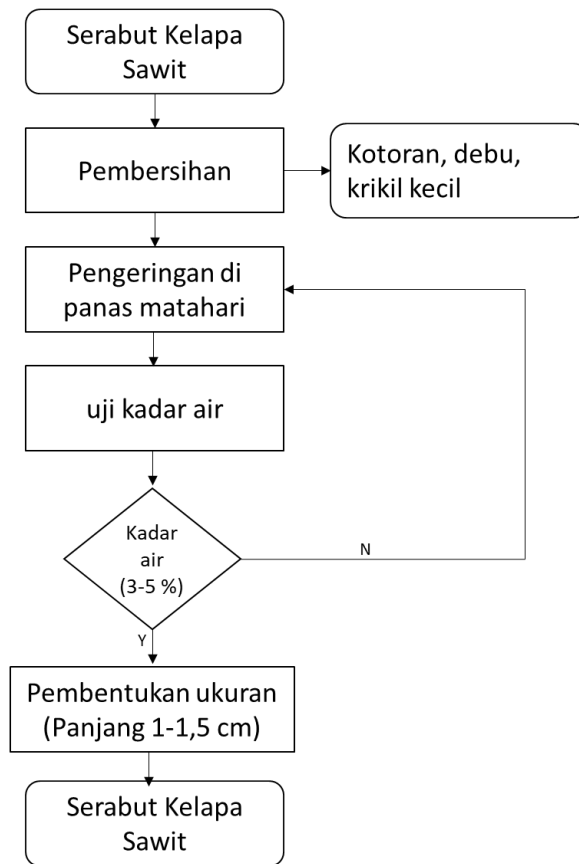
1. Penyiapan *fiber* kelapa sawit

Persiapan *fiber* kelapa sawit bertujuan untuk mendapatkan *fiber* dengan kadar air, jenis dan ukuran yang seragam. Membersihkan *fiber* dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran pada *fiber* kelapa sawit dan ditiriskan, mengeringkan *fiber* kelapa sawit dibawah matahari panas sampai benar-benar kering (kadar air 3-5 %), dan membentuk ukuran pada *fiber* kelapa sawit dengan panjang 1,0 - 1,5 cm.

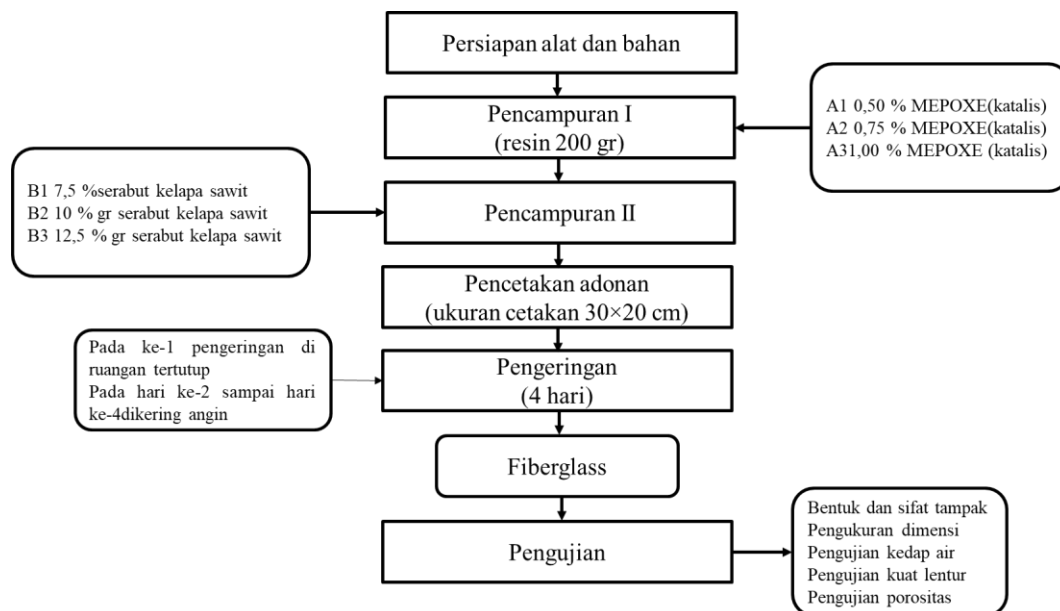
2. Pembuatan komposit *fiberglass*

Siapkan bahan-bahan (resin, katalis, *matt*, dan *fiber* kelapa sawit) dan alat-alat yang akan digunakan, oleskan permukaan cetakan silikon dengan vaseline, campur resin dan katalis pada mangkuk, kemudian diaduk hingga homogen, masukkan *fiber* kelapa sawit yang telah dipotong kecil ke dalam campuran resin dan katalis, kemudian diaduk hingga merata, campuran dituangkan di atas cetakan secara perlahan-lahan dan ratakan dengan roll hingga bercampur dengan *fiber* kelapa sawit, adonan *fiberglass* diratakan dengan menggunakan roll untuk menghilangkan gelembung-gelembungnya, tunggu hingga adonan *fiberglass* benar-benar kering, setelah adonan kering, rapikan hasil *fiberglass* yang telah jadi dengan menggunakan cutter dan gergaji besi kemudian di ampelas dan *fiberglass* telah jadi dan siap untuk dilakukan proses pengujian.

Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penyiapan *fiber* kelapa sawit



Gambar 2. Pembuatan komposit *fiberglass*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Visual Komposit *Fiberglass*

Pengujian sifat dan tampak dilakukan secara visual terhadap tepi potong dan lembaran *fiberglass*. Hasil pengujian sifat dan tampak dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat dan tampak pada *fiberglass*

Sampel	Permukaan	Gambar	Tepi Potong							
			1	Gambar	2	Gambar	3	Gambar	4	Gambar
A1B1	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A1B2	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A1B3	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A2B1	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A2B2	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A2B3	Baik		Rata		Tidak Rata		Rata		Rata	
A3B1	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A3B2	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	
A3B3	Baik		Rata		Rata		Tidak Rata		Rata	
Control	Baik		Rata		Rata		Rata		Rata	

Sumber: Data Primer (2022)

Menurut SNI No. 03-1027-1995 menjelaskan bahwa *fiberglass* harus memiliki tepi potong yang lurus, rata dan permukaan yang halus tidak menunjukkan adanya retakan dan cacat lainnya. Dari tabel diatas dapat dilihat Bahwa rata-rata sampel uji yang dipotong menggunakan gergaji besi memiliki tepi potong yang rata dan tidak memiliki cacat lainnya pada setiap sisi, walaupun ada sampel uji di salah satu sisi yaitu pada pada A2B3 (0,75% katalis:12,5% *fiber* kelapa sawit) dan A3B3 (1% katalis:12,5% *fiber* kelapa sawit) memiliki salah satu sisi yang tidak rata. Hal ini disebabkan karena penggunaan *fiber* kelapa sawit yang berlebih pada satu sisi. Semakin banyak pemakaian *fiber* kelapa sawit maka semakin susah dipotong sehingga menghasilkan tepi potong yang tidak rata (Firmana dan Winanti, 2014).

Uji T

Uji T dilakukan untuk mengetahui apakah pembuatan *fiberglass* dengan menggunakan *fiber* kelapa sawit dapat menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan serat sintetis. Parameter yang diamati antara lain p dimensi, kedap air, porositas, dan uji *bending*. Hasil T-test dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji-T Parameter Pengujian

Sumber : Data Primer (2022)

Keterangan :

Bending fM = Tegangan maksimal

Bending fB = Tegangan saat *break*

Dimensi meliputi ukuran dan ketebalan pada *fiberglass*. Uji T menunjukkan bahwa ketebalan rata-rata perlakuan secara signifikan berbeda dari ketebalan *control*. Ketebalan *control* sebesar 3,7000 mm dan perlakuan 4,5622 mm dengan signifikansi 0,000002. Ketebalan *fiberglass* dipengaruhi ukuran dari *fiber* yang lebih besar dibandingkan serat sintetis sehingga menyebabkan perbedaan ketebalan pada saat pencetakan (Sunardi dkk., 2016).

Kedap air dapat diartikan tidak tembus oleh air. Kedap air dipengaruhi oleh campuran serat

Sampel	Ketebalan (mm)	Kedap Air (gam)	Porositas (%)	Force (N)	<i>Bending fM</i> (Mpa/mm)	<i>Bending fB</i> (Mpa/mm)
<i>Control</i>	3,7000	0,0044	1,3949	125.8008	18,8851	9,9427
Perlakuan	4,5622	0,0015	2,7087	129,4226	7,4318	7,3248
Signifikasnsi	0,000002	$2,965 \times 10^{-11}$	$5,7807 \times 10^{-7}$	0,7614	$2,6189 \times 10^{-16}$	0.000002
Perbedaan	Beda Nyata	Beda Nyata	Beda Nyata	Tidak beda nyata	Beda Nyata	Beda Nyata

dan resin pada saat pencampuran (Sulaeman, 2018). Uji T menunjukkan bahwa rata-rata perlakuan secara signifikan berbeda dengan *control*. Nilai kedap air *control* sebesar 0,0044 gram dan perlakuan 0,0015 gram dengan signifikansi $2,965 \times 10^{-11}$. Perlakuan dan *control* tidak memiliki tetesan pada saat pengujian tetapi kapas yang dipakai menyerap udara lembab yang ada di sekitar sehingga menyebabkan perbedaan yang signifikan. Menurut Daud dkk. (2019) kelembapan dapat meningkatkan kadar air sehingga dapat disimpulkan berat pada kapas tersebut adalah kadar air. Apabila nilai kedap air semakin rendah maka semakin baik.

Nilai persentasi porositas yang kecil membuat air tidak dapat tembus sehingga semakin kecil persentasinya maka semakin bagus kualitas *fiberglass* yang dihasilkan. Pada Tabel 4 diatas dapat dilihat *control* memiliki nilai persentasi lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan, sehingga menunjukkan hasil berbeda yang signifikan. Nilai porositas *control* sebesar 1,3949% dan perlakuan 2,7807% dengan signifikansi $2,6189 \times 10^{-16}$. Hal ini dikarenakan ukuran serat sintetis pada *control* lebih tipis dibanding perlakuan sehingga penyerapan antara serat dan resin lebih baik. Nilai porositas pada perlakuan masih dapat dikategorikan baik karena sesuai dengan SNI, bahwa penyerapan air maksimal 10% (Budikusuma, 2022).

Uji T menunjukkan bahwa nilai *force* tidak memiliki beda nyata antara perlakuan dan *control*. Uji *bending* dilakukan untuk mengetahui beban yang dapat ditahan oleh komposit *fiberglass* dan juga mengetahui keelastisan bahan. Uji T menunjukkan bahwa rata-rata perlakuan secara signifikan berbeda dari ketebalan *control*. Pada saat tegangan maksimal yang dimana saat terjadi retakan dapat menerima tekanan yang lebih besar dibandingkan perlakuan begitu juga pada saat tegangan saat *break*. Perbedaan ukuran antara *fiber* kelapa sawit dengan serat sintetis menyebabkan

perbedaan yang signifikan. Panjang *fiber* kelapa sawit 1-1,5 cm sedangkan serat sintesis 4-9 cm. Menurut Boimau dan Theo (2015), semakin besar ukuran panjang serat maka semakin lebih kuat karena serat Panjang memberikan sifat penguatan yang baik.

Hasil dari uji T yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa setiap pengujian fisik yang dilakukan pada sampel perlakuan menunjukkan perbedaan nyata terhadap *control*. Pada pengujian porositas dan uji *bending* pada sampel perlakuan belum dapat menghasilkan yang lebih baik dari pada *control*, dan pada pengujian kedap air menunjukkan sampel perlakuan lebih baik dibandingkan dengan *control*.

Analisis Sifat Mekanik

Analisis sifat mekanik meliputi pengujian dimensi, kedap air, porositas dan uji *bending*. Data primer yang didapat kemudian diolah dengan menggunakan *two way anova test* dan dilanjutkan dengan uji *duncan*. Berikut tabel *two way anova test* di sajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil *two way anova test*

Sampel	Pengujian	Dimensi (mm)	Kedap Air (gram)	Porositas (%)	Force (N)	Bending fM (Mpa/mm)	Bending fB (Mpa/mm)
Katalis	Perbedaan	Ya	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya
	signifikan	0,0197	0,2259	0,1632	$1,027 \times 10^{-50}$	$1,6846 \times 10^{-34}$	$1,817 \times 10^{-34}$
Fiber Kelapa Sawit	Perbedaan	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
	signifikan	0,00002	0,0445	0,0037	$2,7608 \times 10^{-54}$	$2,6663 \times 10^{-37}$	$3,6828 \times 10^{-37}$
Katalis* Fiber Kelapa Sawit	Interaksi	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya
	signifikan	0,5779	0,9972	0,5695	$5,7912 \times 10^{-50}$	$7,4073 \times 10^{-36}$	$1,0451 \times 10^{-34}$

Sumber: Data primer (2022)

Keterangan:

Ya = nilai signifikan lebih rendah dari 0,05 dengan nilai error 5%

Tidak = nilai jika signifikan lebih tinggi dari 0,005 dengan nilai error 5%

1. Dimensi

Dimensi meliputi ukuran dan ketebalan komposit *fiberglass*. Ukuran dari sampel diuji menggunakan penggaris dan didapatkan hasil 23,80 cm dan pengujian ketebalan menggunakan jangka sorong sehingga diperoleh data primer yang ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Data primer dimensi ketebalan

Perlakuan	Blok	Jlh Perlakuan (mm)	Rata-Rata (mm)
-----------	------	--------------------	----------------

	I	II		
	B1			
A1	3,9000	4,0200	7,9200	3,9600
A2	4,0200	4,1700	8,1900	4,0950
A3	4,1200	4,1600	8,2800	4,1400
	B2			
A1	4,0200	4,3100	8,3300	4,1650
A2	4,7400	4,4400	9,1800	4,5900
A3	4,7200	4,5000	9,2200	4,6100
	B3			
A1	4,7000	4,9500	9,6500	4,8250
A2	5,1600	5,4500	10,6100	5,3050
A3	5,5200	5,2200	10,7400	5,3700
Jumlah	40,9000	41,2200	82,1200	41,0600

Sumber: Data primer (2022)

Data primer yang didapat kemudian akan dianalisa menggunakan *two way anova* untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan terhadap ketebalan komposit *fiberglass*. Hasil dari *two way anova* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil *two way anova test* ketebalan

Source	df	Mean Square	F	Sig.
katalis	2	.201	6.668	.020
fiber	2	1.622	53.702	.000
katalis * fiber	4	.023	.763	.578
Error	8	.030		
Total	17			
a. R Squared = ,942 (Adjusted R Squared = ,884)				

Sumber: Data primer (2022)

Hasil uji ANOVA untuk pengujian dimensi, penambahan katalis dan *fiber* kelapa sawit berpengaruh nyata pada ketebalan ditunjukkan dengan nilai F katalis sebesar 6,668 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari tabel F sebesar 4,46 dan sig. 0,0197 (sig. rendah), dan nilai F *fiber* kelapa sawit sebesar 53,702 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari tabel F sebesar 4,46 dan sig. 0,000023 (sig. rendah). Nilai kuadrat R 0,942 menunjukkan bahwa variasi penambahan katalis dan *fiber* kelapa sawit mempengaruhi ketebalan *fiberglass* sebesar 94,2%, tetapi tidak memiliki interaksi terhadap kedua faktor tersebut. Selanjutnya dilakukan uji *Duncan* yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Uji *Duncan* ketebalan

	katalis	N	Subset		
			1	2	3

Duncan ^{a,b,c}	0,5	5	4.400000		
	0,75	6		4.663333	
	1	6		4.706667	
	Sig.		1.000	.687	
Duncan ^{a,b,c}	fiber	N	Subset		
			1	2	3
	7,5	5	4.098000		
	10	6		4.455000	
	12,5	6			5.166667
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Sumber: Data primer (2022)

Uji *Duncan* menunjukkan bahwa pemakaian katalis MEPOXE 0,5% dan 1% menunjukkan perbedaan nyata pada ketebalan, sedangkan pemakaian 0,75% tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hasil uji *Duncan* menunjukkan bahwa pemakaian 7,5%, 10%, 12,5% *fiber* kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap ketebalan, sehingga semakin banyak pemakaian *fiber* kelapa sawit maka berpengaruh terhadap ketebalan *fiberglass*.

Bentuk komposit *fiberglass* adalah persegi dan didapat dalam pengukuran sisi 23,80 cm dengan penyimpangan 0 % hal ini sesuai dengan SNI yaitu penyimpangan ukuran dengan maksimal $\pm 0,3\%$. Pada tabel 4 nilai ketebalan tertinggi adalah komposisi A3B3 (katalis 1% dan *fiber* kelapa sawit 12,5%) dengan tebal 5,52 mm dan nilai terendah pada komposisi A1B1 adalah komposisi A1B1 (katalis 0,5% dan *fiber* kelapa sawit 7,5%) yaitu dengan tebal 3,90 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pemakaian dari katalis dan *fiber* kelapa sawit maka semakin tebal pula hasil komposit *fiberglass* (Firmana, 2014).

2. Kedap Air

Setelah dilakukan pengujian kedap air terhadap *fiberglass* didapatkan hasil primer dapat dilihat pada tabel 7.

Data primer yang didapat kemudian akan dianalisa menggunakan *two way anova* untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan terhadap kedap air komposit *fiberglass*. Hasil dari *two way anova* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 7. Data primer kedap air

Perlakuan	Blok		Jlh Perlakuan (gram)	Rata-Rata (gram)
	I	II		
	B1			
A1	0,0011	0,0003	0,0014	0,0007
A2	0,0013	0,0005	0,0018	0,0009
A3	0,0014	0,0008	0,0022	0,0011
	B2			
A1	0,0014	0,0007	0,0021	0,0011
A2	0,0019	0,0010	0,0029	0,0015
A3	0,0027	0,0012	0,0039	0,0019
	B3			
A1	0,0022	0,0013	0,0035	0,0017
A2	0,0026	0,0016	0,0042	0,0021
A3	0,0034	0,0019	0,0053	0,0027
Jumlah	0,0180	0,0093	0,0273	0,0137

Sumber: Data primer (2022)

Tabel 8. Hasil *two way anova test* kedap air

Source	df	Mean Square	F	Sig.
katalis	2	9.696E-7	1.802	.226
fiber	2	2.533E-6	4.708	.045
katalis * fiber	4	1.862E-8	.035	.997
Error	8	5.381E-7		
Total	17			
Corrected Total	16			
a. R Squared = ,611 (Adjusted R Squared = ,222)				

Sumber: Data primer (2022)

Hasil uji ANOVA untuk pengujian kedap air, menunjukkan penambahan *fiber* kelapa sawit berpengaruh nyata, ditunjukkan dengan nilai nilai F sebesar 4,708 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari tabel F sebesar 4,46 dan sig. 0,0445 (sig. rendah). Nilai kuadrat R 0,611 menunjukkan bahwa penambahan *fiber* kelapa sawit mempengaruhi kedap air pada *fiberglass* sebesar 61,1%. Uji *Duncan* terhadap pengujian kedap air diketahui pemakaian 7,5% dan 12,5% *fiber* kelapa sawit menunjukkan pengaruh nyata karena jumlah pemakaian yang jauh, sedangkan pemakaian 10% tidak memiliki pengaruh nyata terhadap kedap air. Selanjutnya dilakukan uji *Duncan* yang dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Uji *Duncan* kedap air

	fiber	N	Subset	
			1	2
Duncan ^{a,b,c}	7,5	5	.000860	
	10	6	.001483	.001483
	12,5	6		.002167
	Sig.		.192	.157

Sumber: Data primer (2022)

Uji *Duncan* terhadap pengujian kedap air diketahui pemakaian 7,5% dan 12,5% *fiber* kelapa sawit menunjukkan pengaruh nyata karena jumlah pemakaian yang jauh, sedangkan pemakaian 10% tidak memiliki pengaruh nyata terhadap kedap air.

Berdasarkan hasil penelitian komposit *fiberglass* dalam pengujian kedap air yang digunakan dengan media kapas dapat dilihat pada tabel 7 nilai terendah terdapat pada komposisi A1B1 (katalis 0,5% dan *fiber* kelapa sawit 7,5%) dengan nilai rata rata 0,0007 gram dan nilai terendah pada komposisi A3B3 (katalis 1% dan *fiber* kelapa sawit 12,5%) dengan nilai rata rata 0,0027 gram. Pemakaian *fiber* kelapa sawit dalam pembuatan komposit *fiberglass* tidak tembus oleh air, karena *fiber* tersebut terselimuti dengan resin dan katalis sehingga tidak dapat ditembus oleh air (Setiawan, 2013). Hal ini membuat komposit *fiberglass* memenuhi SNI No.03-1027-1995.

3. Porositas

Porositas pada komposit *fiberglass* dapat diartikan sebagai perbandingan volume ruang yang pada komposit berupa pori-pori terhadap volume keseluruhan komposit (Ridha dan Darminto, 2016). Dari pengujian yang dilakukan didapatkan data primer yang ditampilkan pada tabel 10.

Tabel 10. Data primer porositas

Perlakuan	Blok		Jlh Perlakuan (%)	Rata-Rata (%)
	I	II		
	B1			
A1	1,4136	2,4935	3,9071	1,9536
A2	2,4745	2,5469	5,0215	2,5107
A3	1,8313	2,7042	4,5355	2,2678
	B2			
A1	1,4845	2,6691	4,1536	2,0768
A2	3,2047	2,9209	6,1256	3,0628
A3	1,9433	3,0776	5,0209	2,5104
	B3			
A1	3,1678	3,5824	6,7502	3,3751
A2	3,6667	3,9831	7,6498	3,8249
A3	2,4688	3,1245	5,5932	2,7966
Jumlah	21,6552	27,1023	48,7575	24,3787

Sumber: Data primer (2022)

Data primer yang didapat kemudian akan dianalisa *menggunakan two way anova* untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan terhadap porositas komposit fiberglass. Hasil dari *two way anova* dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil *two way anova test* porositas

Source	df	Mean Square	F	Sig.
katalis	2	.607	2.293	.163
fiber	2	1.355	5.115	.037
katalis * fiber	4	.206	.778	.570
Error	8	.265		
Total	17			
a. R Squared = ,700 (Adjusted R Squared = ,399)				

Hasil uji porositas, penambahan sawit

Sumber: Data primer (2022)

AVOVA untuk menunjukkan *fiber* kelapa berpengaruh

nyata, yang ditunjukkan dengan nilai F sebesar 5,115 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari tabel F sebesar 4,46 dan sig. 0,037 (sig. rendah). Nilai kuadrat R 0,700 menunjukkan bahwa penambahan *fiber* kelapa sawit mempengaruhi nilai porositas sebesar 70%. Kemudian dilanjutkan uji *Duncan* yang dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Uji *Duncan* porositas

	fiber	N	Subset	
			1	2
Duncan ^{a,b,c}	7,5	5	2.410080	
	10	6	2.550017	
	12,5	6		3.332217
	Sig.		.661	1.000

Sumber: Data primer (2022)

Uji *Duncan* terhadap porositas untuk pemakaian *fiber* kelapa sawit 7,5% dan 10% memiliki berpengaruh nyata terhadap 12,5%, sehingga 7,5% dan 10% tidak menunjukkan pengaruh nyata.

Nilai porositas tertinggi pada tabel 10 terdapat pada komposisi A2B3 (katalis 0,75% dan *fiber* kelapa sawit 12,5%) dengan nilai 3,82% dan nilai terendah pada komposisi A1B1 (katalis 0,5% dan *fiber* kelapa sawit 7,5%) dengan nilai 1,95%. Semakin kecil persentasi porositas maka semakin bagus kualitas *fiberglass* yang dihasilkan, karena ruang pada *fiberglass* yang sedikit membuat fiberglass menjadi padat. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat dilihat semakin banyak pemakaian fiber kelapa sawit maka semakin besar pula porositasnya, hal ini karena penambahan volume serat dalam komposit memmbuat serat dan resin semakin kurang rapat (Sari dkk., 2018). Pemakaian serat alami juga mempengaruhi nilai porositas karena

memiliki sifat menyerap air sehingga setiap penambahan *fiber* kelapa sawit maka semakin banyak juga menyerap air (Andrianto dkk., 2019).

Pengujian lanjut dilakukan pada kedap air dan porositas untuk melihat hubungan antara ke dua pengujian tersebut. Korelasi antara kedap air dan porositas dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Korelasi antara kedap air dan porositas

		kedap_air	porositas
kedap_air	Pearson Correlation	1	.632**
	Sig. (2-tailed)		.005
	N	18	18
porositas	Pearson Correlation	.632**	1
	Sig. (2-tailed)	.005	
	N	18	18

Sumber: Data Primer (2022)

Keterangan:

Nilai signifikansi < 0.05 , maka berkorelasi

Nilai signifikansi > 0.05 , maka tidak berkorelasi

Kedap air memiliki korelasi dengan porositas, hal ini dapat dilihat dari tabel 16, nilai signifikansi antara kedap air dan porositas 0,005 yang berarti berkorelasi. Nilai *pearson* korelasi di angka 0.632 yang berarti memiliki korelasi yang kuat.

4. Uji Bending

Uji bending dilakukan di Laboratorium Politeknik ATMI Surakarta dan mengikuti standar ASTM D790 dengan ukuran benda uji yaitu panjang 115,2 mm dan lebar 24 mm. Pengujian dilakukan menggunakan *three point bending* yang dimana dua poin pada bagian bawah sebagai tumpuan dan satu poin pada bagian atas sebagai penekan. Jarak antara titik tumbuan yang digunakan adalah 80 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Data primer uji bending

Sampel	Force (N)	Bending f_M (Mpa/mm)	Bending f_B (Mpa/mm)	$f_M - f_B$ (Mpa/mm)
A1B1	89,2977	7,6992	7,4788	0,2204
A1B2	103,0507	7,7190	7,5272	0,1918
A1B3	160,3717	7,5288	7,4708	0,0580
A2B1	84,9755	10,9275	10,9275	0,0000
A2B2	74,7272	6,5896	6,5896	0,0000
A2B3	192,4499	6,3611	6,2210	0,1401
A3B1	89,8701	8,1225	8,1225	0,0000
A3B2	161,2684	7,0729	6,7202	0,3527
A3B3	208,7929	4,8658	4,8658	0,0000

control	125,8008	18,8851	9,9427	8,9424
---------	----------	---------	--------	--------

Sumber: Data primer (2022)

Keterangan:

Bending fM = Tegangan maksimal

Bending fB = Tegangan saat *break*

Ketika terdapat selisih pada nilai *bending* fM dan *bending* fB maka sampel uji tersebut memiliki kelenturan sedangkan, jika tidak memiliki selisih maka sampel uji tersebut getas atau mudah patah saat berada di tekanan maksimal. Data primer yang didapat kemudian akan dianalisa menggunakan *two way anova* untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan terhadap kekuatan *bending* komposit *fiberglass*. Hasil dari *two way anova force* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil *two way anova force*

Source	df	Mean Square	F	Sig.
katalis	2	2567.874	577771636682.540	.000*
fiber	2	15959.577	3590904816294.284	.000*
katalis * fiber	4	1276.829	287286507899.508	.000*
Error	9	4.444E-9		
Total	18			
a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)				

Sumber: Data Primer (2022)

Hasil ANOVA untuk pengujian *bending* menunjukkan penambahan kedua faktor berpengaruh pada kekuatan tekan, yang ditunjukkan pada nilai F *bending* fM sebesar 287286507899,508 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari Tabel F sebesar 3,63 dan signifikan $5,7912 \times 10^{-50}$ (sig rendah). Nilai kuadrat R 1,000 menunjukkan bahwa penambahan variasi katalis dan *fiber* kelapa sawit mempengaruhi kekuatan komposit *fiberglass* sebesar 100 %. Hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil uji *Duncan force* (N)

Duncan ^{a,b}				
katalis	N	Subset		
		1	2	3
1	6	117.384133		
0,5	6		117.573317	
0,75	6			153.31041
Signifikan		1.000	1.000	1.000
Duncan ^{a,b}				
<i>fiber</i>	N	Subset		
		1	2	3

12,5	6	88.047717		
10	6		133.015367	
7,5	6			187.204783
Signifikan		1.000	1.000	1.000

Sumber: Data Primer (2022)

Uji *Duncan* terhadap *force* untuk setiap penambahan katalis MEPOXE baik 0,5%, 0,75%, 1% menunjukkan perbedaan yang nyata. Begitu juga dengan setiap penambahan *fiber* kelapa sawit baik 7,5%, 10%, 12,5% menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap *force*.

Dari Tabel 19, dapat disimpulkan setiap penambahan *fiber* dan katalis maka membuat komposit *fiberglass* saat menerima tekanan semakin kuat. Menurut Sari dkk. (2011) banyaknya penggunaan *fiber* mempengaruhi kekuatan komposit yang dimana pada penelitian ini nilai terbesar berada pada komposisi A3B3 (katalis MEPOXE 1% dan *fiber* kelapa sawit 12,5%) 208,7929 N. Banyaknya jumlah persentase katalis yang dipakai membuat komposit *fiberglass* semakin kuat pada sifat mekanisnya (Perwara, 2021).

Hasil dari *two way anova* uji *bending* fM dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 17. Hasil *two way anova test* uji *bending* fM

Source	df	Mean Square	F	Sig.
katalis	2	2.640	144024177.364	.000
fiber	2	11.067	603656638.636	.000
katalis * fiber	4	3.861	210595846.727	.000
Error	9	1.833E-8		
Total	18			
a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)				

Sumber:
Data
primer
(2022)

Hasil ANOVA untuk pengujian *bending* menunjukkan penambahan kedua faktor berpengaruh pada kekuatan *bending fiberglass*, yang ditunjukkan pada nilai *F bending* fM sebesar 210595846,7 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari tabel *F* sebesar 3,63 dan sig. $7,4073 \times 10^{-36}$ (sig rendah). Nilai kuadrat R 1,000 menunjukkan bahwa penambahan variasi

katalis dan *fiber* kelapa sawit mempengaruhi kekuatan *bending fiberglass* sebesar 100 %. Hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18. Hasil uji *Duncan bending fM*

Duncan ^{a,b}				
katalis	N	Subset		
		1	2	3
1	6	6.687067		
0,5	6		7.649000	
0,75	6			7.959383
Sig.		1.000	1.000	1.000
Duncan ^{a,b}				
fiber	N	Subset		
		1	2	3
12,5	6	6.251900		
10	6		7.127150	
7,5	6			8.916400
Sig.		1.000	1.000	1.000

Sumber: Data primer (2022)

Uji *Duncan* terhadap kekuatan *bending fM* untuk setiap penambahan katalis MEPOXE baik 0,5%, 0,75%, 1% menunjukkan perbedaan yang nyata. Begitu juga dengan setiap penambahan *fiber* kelapa sawit baik 7,5%, 10%,12,5% menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kekuatan *bending fM*. Untuk hasil *two way anova* uji *bending fB* dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 19. Hasil *two way anova test* uji *bending fB*

Source	df	Mean Square	F	Sig.
katalis	2	2.832	141622437.445	.000
fiber	2	11.237	561846005.779	.000
katalis * fiber	4	3.902	195087927.778	.000
Error	9	2.000E-8		
Total	18			
a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)				

Sumber: Data primer (2022)

Hasil ANOVA untuk pengujian *bending* menunjukkan penambahan katalis dan *fiber* kelapa sawit berpengaruh nyata pada kekuatan *bending fiberglass*, yang ditunjukkan pada nilai F *bending fB* sebesar 195087927,8 yang mana nilai tersebut lebih tinggi dari tabel F sebesar 3,63 dan sig. $1,0451 \times 10^{-36}$. Nilai kuadrat R 1,000 menunjukkan bahwa penambahan variasi katalis dan *fiber* kelapa sawit mempengaruhi kekuatan *bending fiberglass* sebesar 100 %. Hasil uji lanjutan *Duncan* dapat dilihat pada tabel 20.

Tabel 20. Hasil uji *Duncan bending fB*

Duncan ^{a,b}				
katalis	N	Subset		
		1	2	3
1	6	6.569500		
0,5	6		7.492267	
0,75	6			7.912700
Sig.		1.000	1.000	1.000
Duncan ^{a,b}				
fiber	N	Subset		
		1	2	3
12,5	6	6.185867		
10	6		6.945667	
7,5	6			8.842933

Sumber: Data primer (2022)

Uji *Duncan* terhadap kekuatan *bending* fB untuk setiap penambahan katalis MEPOXE baik 0,5%, 0,75%, 1% menunjukkan perbedaan yang nyata. Begitu juga dengan setiap penambahan *fiber* kelapa sawit baik 7,5%, 10%,12,5% menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kekuatan *bending* fB.

Pemakaian *fiber* kelapa sawit dalam pembuatan komposit *fiberglass* memiliki pengaruh nyata dalam pengujian *bending*. Rerata tertinggi pada uji *bending* maksimal (fM) terdapat pada pemakaian *fiber* 0,5% yaitu sebesar 8,91 Mpa/mm dan terendah pada pemakaian *fiber* 1% yaitu sebesar 6,25 Mpa/mm. Rerata tertinggi uji *bending* saat *break* (fB) terdapat pada pemakaian *fiber* 0,5% yaitu sebesar 8,84 Mpa/mm dan rerata terendah pada 1% yaitu sebesar 6,56 Mpa/mm. Menurut Sari dkk, (2011) semakin banyak pemakaian serat dalam komposit maka semakin bertambah pula kekuatan *bending* yang dihasilkan, tetapi dalam penelitian ini tidak sesuai dengan pernyataan tersebut karena nilai kekuatan bending maksimal tertinggi terjadi pada komposisi A2B1 yaitu terbesar 10,92 Mpa/mm dan pada saat *break* 10,92 Mpa/mm, sehingga membuat sampel ini tidak lentur karena langsung patah. Sampel terbaik terdapat pada A3B2 yang memiliki kekuatan *bending* maksimal 7,07 Mpa/mm dan saat *break* di 6,72 Mpa/mm, membuat sampel ini memiliki tingkat kelunturan yang baik. Hal ini dapat terjadi karena ukuran *fiber* yang tidak sama pada saat pencampuran *fiber* yaitu 1-1,5 cm dan pencampuran *fiber* yang tidak merata saat penuangan ke cetakan. Panjang serat memberikan pengaruh terhadap kekuatan *bending* komposit, dimana komposit dengan serat yang lebih Panjang memiliki kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan serat yang lebih pendek (Boimau dan Theo, 2015).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada setiap sampel dengan perlakuan penambahan katalis MEPOXE berpengaruh nyata terhadap dimensi dan uji bending, dan penambahan *fiber* kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap dimensi, kedap air, porositas dan uji *bending*.
2. Hasil terbaik terdapat pada komposisi A3B2 (katalis 1% dan *fiber* kelapa sawit 10%) dengan ketebalan 4,61 mm, nilai kedap air sebesar 0,0019 gram, nilai porositas sebesar 2,51 % dan pengujian *bending* maksimal (fM) sebesar 7,07 Mpa/mm dan *bending break* (fB) sebesar 6,62 Mpa/mm sehingga membuat sampel tersebut memiliki kelenturan lebih baik diantara sampel lain. Hasil terbaik untuk sampel dengan kekuatan yang terkuat didapatkan adalah pada komposisi A3B3 (katalis 1% dan *fiber* kelapa sawit 10%) dengan ketebalan 5,37 mm, nilai kedap air sebesar 0,0027 gram, nilai porositas sebesar 2,79 %, dan kekuatan *force* sebesar 208,7929 N.

Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut kompoait *fiberglass* menggunakan *fiber* kelapa sawit dengan perbandingan ukuran untuk menemukan nilai *bending* yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, S. N. K., Sari, N. H., & Okariawan, I. D. K. (2019). Pengaruh fraksi volume serat terhadap penyerapan air 24 jam secara kontinu terhadap sifat kekuatan tarik dari komposit berpenguat serat kulit jagung. *Tugas Akhir Mesin*. Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat.
- Boimau, K., dan Da Cunha, T. 2015. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Sifat Bending Komposit Poliester Berpenguat Serat Daun Gwang. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*. Universitas Nusa Cendana. Kupang
- Budikusuma, I. 2022. Analisa Beban Lentur Genteng Beton Terhadap Variasi Bahan Serat Sabut Kelapa Serat Tebu dan *Fiberglass*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Daud, A., Suriati, S., dan Nuzulyanti, N. 2019. Kajian Penerapan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air Metode Thermogravimetri. *Lutjanus*, 24(2), 11-16.
- Firmana, R.F., & Winanti, E.T. 2014. Potensi Serat Siwalan sebagai Bahan Pengganti pada Pembuatan Bahan Bangunan *Fiberglass*. *Jurnal UNESA*, Vol 1(1).
- Jones, R. C. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. Scripta Book Company. Washington D.C.
- Perwara, A. S. 2021. Pengaruh Persentasi Katalis Terhadap Sifat Mekanis Komposit Bermatrik Resin Polyester. *APPROACH: Jurnal Teknologi Penerbangan*, 5(2), 7-13.
- Ridha, M., & Darminto, D. 2016. Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok dengan Variasi Lokasi dan Kedalaman. *JFA (Jurnal Fisika dan Aplikasinya)*, 12(3).
- Sari, N. H., Fajrin, J., & Yudhyadi, I. G. N. K. 2018. Studi eksperimental terhadap porositas dan hambat alir udara pada komposit penyerap suara. *Dinamika Teknik Mesin*, 8(1), 35-39.
-

- Sari, N., Herlina, dan Nasmi, H. F. 2018. Sifat Mekanik dari Komposit Poliester-Serat Pelepah Kelapa: Efek Perendaman Serat dalam Larutan Kimia Alkali. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*. Vol. 7, no. 2, 2018, pp. 57-61.
- Setiawan, D. 2013. Penggunaan Bulu Ayam Sebagai Bahan Pengganti Serat Fiber pada Pembuatan Fiberglass. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, 2013, 1(1), hal. 1-10.
- Sulaeman, B. 2018. Pemanfaatan Limbah Karung Plastik. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 3(1), 93-106.
- Sunardi, S., Fawaid, M., dan Chumaidi, M. 2016. Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Penguat Papan Partikel dengan Variasi Fraksi Volume Serat. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 2(1).
- Suryanto, H., Irawan, Y.S., Marsyahyo, E., Soenoko, R., 2014. *Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber from Mendong (Fimbristylis globulosa) Straw*. In *Key Engineering Materials* (Vol. 594, pp. 720-724). Trans Tech Publications Ltd. Switzerland.
- Wirman, S. P., Yulia, F. dan Wildo, A. 2016. Karakterisasi Komposit Serat *Fiber* Kelapa Sawit Dengan Perekat PVAc Sebagai Absorber. *Journal Online of Physics*, 2016, 1(2), 10-15.
- Yujiro Koba dan Ayaaki Ishizaki. 1990. Chemical Composition of Palm Fiber and Its Feasibility as Cellulosic Raw Material for Sugar production. *Aric. Biol. Chem.* 54(5) :1183-1187.
-